УДК 599.537:574.6

НЕКОТОРЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ МАНЕВРЕННОСТИ ДЕЛЬФИНОВ

Г. Б. Агарков, Н. К. Маслов

(Институт зоологии АН УССР, Севастопольский приборостроительный институт)

У организмов, приспосабливающихся к жизни в водной среде, возник и усовершенствовался в процессе эволюции ряд механизмов, в т. ч. биологических, регуляционных, гидродинамических, кинематических, обеспечивающих высокие гидродинамические качества и экономичность движения животных. В этом ряду не последнее место занимают механизмы и средства, благодаря которым морские животные обладают высокой маневренностью, играющей в их жизни важную роль.

Сказанное в полной мере относится и к дельфинам, прекрасные маневренные свойства которых представляют значительный интерес для гидродинамики. Н. К. Масловым (1970) была сопоставлена маневренность дельфинов с таковой технических объектов, в результате чего выявилось явное превосходство дельфинов по всем динамическим показателям движения; были отмечены также некоторые основные черты и средства биологического осуществления их маневрирования. Для дальнейшего выявления указанных механизмов движения и изучения процессов маневрирования следует рассмотреть и проанализировать прежде всего биологические и функционально-морфологические особенности дельфинов и раскрыть принципы и средства достижения у них оптимальных характеристик маневренности. Настоящая работа и посвящена более подробному рассмотрению основных биологических и функционально-морфологических, а также кинематических и геометрических особенностей дельфинов, имеющих для их маневренности решающее значение.

Движение в водной среде любого живого объекта подчиняется общим законам гидромеханики, и ему свойственны многие черты, присущие движению технических объектов, но у водных животных имеется ряд специфических механизмов и приспособлений, отличных от таковых у технических объектов или совсем не известных в технике. Целый комплекс этих приспособлений связан с осуществлением основного биологического принципа — принципа нестационарности движения. Однако необходимо отметить, что у дельфинов при выполнении ими большинства маневров, за исключением, пожалуй, лишь процесса разгона (акселерации), эти приспособления не действуют либо действуют весьма слабо. И поэтому процесс маневрирования можно изучать, исходя из предположения о стационарном, неколебательном движении объекта. Из этого допущения и вытекают те основные аналогии, которые устанавливаются и используются при исследовании процессов маневрирования биологических и технических объектов, движущихся в водной среде. В то же время следует помнить, что при маневрировании морского животного в полной мере действует специфический механизм, присущий только биологическим объектам, — механизм, обеспечивающий гибкость тела животного. В результате изгибания тела при поворотах резко уменьшаются углы атаки и дрейфа и радиусы циркуляции (особенно при интенсивном маневрировании), что существенно улучшает показатели маневренности объекта. Это специфическое средство повышения эффективности меха-

низмов маневренности у водных животных представляет собой дальнейшее логическое развитие степени деформации корпуса движущегося объекта в целях управления, простейшей первоначальной формой которой являются рули технических объектов.

Сопоставив геометрические параметры тела и плавников дельфинов и их работу при движении и маневрировании животного, можно сделать следующие выводы о функциональном назначении оперения дельфина.

Хвостовой плавник животного, являясь основной частью двигательно-движительного комплекса, одновременно играет роль руля при выполнении маневров и роль стабилизатора при прямолинейном скольжении. Расстояние от центра тяжести тела до хвостового плавника составляет 0,53—0,56% длины тела дельфина, а площадь плавника у различных видов и отдельных особей колеблется от 30 до 55% величины характерной площади животного — So ($So=V^{2/3}$, где V — объем животного).

Грудные плавники дельфина обеспечивают ему стабилизацию глубины в режиме активного движения (при работе хвостового плавника), а при взаимодействии с хвостовым плавником — пространственное маневрирование и исполняют также роль эффективных тормозных щитков при интенсивном (экстренном) торможении. Площадь их невелика — 20—25% характерной площади (So), а расстояние до них от центра тяжести тела (в сторону рострума) составляет 0,15—0,20% его длины.

Спинной плавник — единственная неподвижная часть оперения дельфина. Его относительная площадь равна 12—17% характерной площади (So), он расположен на расстоянии 0,07—0,12% длины тела от центра тяжести животного (к хвосту). Этот орган не принимает активного участия в управлении маневрами, а выполняет роль вертикального стабилизатора и обеспечивает устойчивость движения по курсу. Возможно, что другим функциональным назначением спинного плавника дельфина является стабилизация положения тела при действии сил вращательных составляющих момента движителя, которые могут вызвать поперечные колебания тела. (Как известно, у китообразных упор создается движительным комплексом и за счет вращательных движений хвостового плавника животного относительно продольной оси тела.) Такая стабилизация, очевидно, необходима животному для более точной ориентации тела относительно поверхности воды при регулярных всплытиях (например, для дыхания), т. к. она, по всей вероятности, не обеспечивается устойчивостью корпуса дельфина, близкой к нулю.

В результате анализа функционального назначения оперения дельфинов и способов выполнения ими различных маневров, установлено, что средства маневрирования развиты у них преимущественно для управления движением в продольной (вертикальной) плоскости. Об этом же свидетельствуют структура оперения и строение двигательной мускулатуры дельфинов (Агарков, 1969; Агарков, Луханин, 1970). Действительно, все наблюдаемые у животных особенности процессов маневрирования, а также строение и расположение у них органов управления указывают на преобладание маневренности дельфинов в одной, а именно в продольной, плоскости, в отличие от рыб. Именно этим обстоятельством может быть объяснен тот факт, что резкое маневрирование в горизонтальной плоскости дельфин также осуществляет с помощью своего основного, наиболее эффективного управляющего органа — хвостового плавника, поворачиваясь для этого на бок. Особенности средств маневрирования дельфинов связаны с эколого-физиологическими особенностями их обитания и плавания и прежде всего с необходимостью периодически всплывать (процесс дыхания).

Таблица 1

Вес и основные геометрические показатели черноморских дельфинов

Вид	Вес животного (P), *кг*	Объем животного (V), *дм³*	Длина тела (L), *см*	Наибольшая ширина тела (B), *см*	Наибольшая высота тела (H), *см*	Удлинение корпуса $\left(\frac{L}{B}\right)$	Относительная координата центра тяжести $\left(\frac{Xc}{L}\right)$	Относительное расстояние от плоскости максимального сечения до носа $\left(\frac{Xm}{L}\right)$
Афалина	160÷240	150÷220	190÷250	35÷44	44÷53	5,78	0,445	0,37÷0,43
Белобочка	38÷56	35÷52	143÷170	23÷27	25÷31	6,62	0,435	0,35÷0,41

Таблица 2

Основные параметры оперения черноморских дельфинов (относительные)

Вид	Грудные плавники					Спинной плавник					Хвостовой плавник				
	расстояние до центра тяжести $\left(\frac{X_{гр}}{L}\right)$	площадь двух плавников $\left(\frac{S_{гр}}{V^{2/3}}\right)$	длина одного плавника, % L	средняя ширина одного плавника, % L	вес двух плавников, % P	расстояние до центра тяжести $\left(\frac{X_{сп}}{L}\right)$	площадь $\left(\frac{S_{сп}}{V^{2/3}}\right)$	высота, % L	средняя, ширина, % L	вес, % P	расстояние до центра тяжести $\left(\frac{X_{хв}}{L}\right)$	площадь $\left(\frac{S_{хв}}{V^{2/3}}\right)$	размах, % L	средняя ширина, % L	вес, % P
Афалина	0,18—0,20	0,20	14,8	4,6	0,90—1,20	0,06—0,07	0,12	9,3	8,6	0,6—0,9	0,54—0,56	0,30	25,3	6,6	1,2—1,4
Белобочка	0,15—0,18	0,25	16,3	4,0	1,00—1,20	0,10—0,12	0,17	9,6	8,5	0,7—1,0	0,53—0,55	0,52	24,2	6,5	1,3—1,4

На основе данных, приведенных в монографии А. Г. Томилина (1962) и в работе В. В. Беляева (1969), а также на основе результатов обмеров и взвешиваний дельфинов, получены геометрические и весовые показатели (табл. 1) и расчетные величины для черноморских видов дельфинов — белобочки (*Delphinus delphis* L.) и афалины (*Tursiops truncatus* Montagu), характеризующие их маневренность как гидродинамических объектов. Анализируя полученные данные, можно представить особенности гидродинамической схемы дельфинов и высоко оценить эффективность их оперения, которая достигается за счет больших относительных площадей плавников и их расположения (табл. 2).

Отличительной особенностью гидродинамической схемы дельфинов можно считать полное отсутствие каких-либо горизонтальных стабилизаторов, т. е. неподвижного горизонтального оперения. Его роль в режиме стабилизации движения выполняют, как указывалось, подвижные плавники животного — грудные и хвостовой.

Рассматривая геометрические характеристики дельфинов, можно указать их некоторые видовые отличия. Так, величины относительных площадей оперения и удлинения тела у белобочек больше, чем у афалин (табл. 2). Эти особенности связаны с условиями обитания и основными режимами плавания белобочек: они живут в открытых районах моря и плавают быстрее афалин. Несомненно, что у них увеличение относительной площади хвостового плавника связано с его движительной функцией, а удлинение тела является результатом приспособления его формы к высоким скоростям движения.

ЛИТЕРАТУРА

Агарков Г. Б. 1969. Морфологічні дослідження в гідробіоніці. Вісник АН УРСР, № 8.

Агарков Г. Б., Луханин В. Я. 1970. К вопросу о двигательной мускулатуре хвостового отдела дельфина-белобочки. В сб.: «Бионика», в. 4. К.

Беляев В. В. 1969. Геометрические характеристики формы тела черноморских видов дельфинов. В сб.: «Вопросы морской биологии». К.

Маслов Н. К. 1970. О маневренности и управляемости дельфинов. В сб.: «Бионика», в. 4. К.

Томилин А. Г. 1962. Китообразные фауны морей СССР. М.

Поступила 15.VI 1971 г.

SOME BIOLOGICAL ASPECTS OF STUDYING THE DOLPHINS' MANOEUVREBILITY

G. B. Agarkov, N. K. Maslov

(Institute of Zoology, Academy of Sciences, Ukrainian SSR; Instrument-making Institute, Sevastopol)

Summary

The manoeuvrebility of the Black sea dolphins — *Tursioptruncatus* Montagu and *Delphinus delphis* L. was studied. An analysis of the data obtained showed some peculiarities in the hydrodynamic scheme of these dolphins and efficiency of their plumage which is attained due to relatively great areas of guiding organs and their topography. The complete absence of any horizontal stabilizers may be considered as an important peculiarity of the dolphins' hydrodynamic scheme. The stabilizers role in the regime of the movement stabilization is performed by thoracic and caudal fins. Greater values of relative areas of plumage and body elongation belong to species distinctions of *Delphinus delphis*.